

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 3 G	7/00	J		
B 2 5 J	7/00			
	19/00	A		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平6-221954

(22) 出願日 平成6年(1994)9月16日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 田島 信芳

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

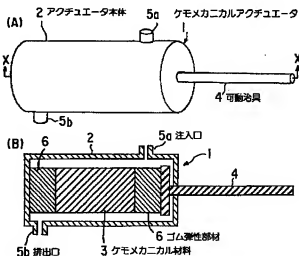
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 ケモメカニカルアクチュエータ

(57) 【要約】

【目的】 この発明は、ケモメカニカル材料の結合部における剥離を防ぐことを主要な目的とする。

【構成】 外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータ(1)において、前記ケモメカニカル材料(3)がゴム弾性部材(6)を介してケモメカニカル材料(3)による力または変位を外部に伝達する可動治具(4)と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータ。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータにおいて、前記ケモメカニカル材料がゴム弾性部材を介してケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータ。

【請求項 2】 外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータにおいて、前記ケモメカニカル材料が有機化合物の化学結合によりケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、化学変化により機械的変形を生じるメカノケミカル材料を用いたケモメカニカルアクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、医療機器や産業用ロボット、マイクロマシンなどの分野において、小さく、軽く、柔軟性に富むアクチュエータのニーズが高まっている。従来、アクチュエータは、モータに見られるように電磁気力を基本としたものが多い。この種のアクチュエータは、発生力が大い、エネルギー変換効率が高い、制御が工学的に容易などの特長がある反面、構造が複雑であるうえに大掛かりになり出力重量比が小さく、小型化には不向きであるという欠点が存在する。ところで、小型化に向いているアクチュエータとしてシリコン材料を使用した静電アクチュエータや形状記憶合金アクチュエータなどがあるが、いずれも柔軟性に欠けているという問題がある。

【0003】そこで、小さく、軽く、柔軟性に富むアクチュエータとして、ケモメカニカル（メカノケミカルとも言う）材料を使ったケモメカニカルアクチュエータが注目されている。ここで、ケモメカニカル材料とは、熱変化、イオン濃度変化、電気、溶媒組成変化、光などの刺激によって、膨潤、収縮を起こし、機械的変形を起こす材料をいう。これらケモメカニカル材料を利用したアクチュエータをケモメカニカルアクチュエータといい、例えば「樋口俊郎、生田幸志編集：マイクロメカニカルシステム実用化総覧、フジ・テクノシステム、p.438～p.447」に詳しく説明されている。

【0004】また、ケモメカニカルアクチュエータの一例として、例えば特開昭 60-184975 に細長いケモメカニカル材料の両端部を固定して構成されたケモメカニカルアクチュエータが開示されている。なお、特開昭 60-184975 には、複数の細長いケモメカニカル材料を間隔があるような状態で共通固定具に両端を接合し、応答速度の向上を図るようにしたケモメカニカル

アクチュエータが開示されている。ここで、ケモメカニカルアクチュエータはロボット用アームのジョイント部の両端に固定され、ケモメカニカル材料に pH 変化や紫外線などの刺激を与えると、ケモメカニカル材料が膨潤又は収縮し、ロボット用アームを駆動するようになっていく。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来構成のものにあつては、ケモメカニカル材料は高分子ゲル材料でありその膨潤および収縮が等方的に生じるため、ケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材との接合が難しく、剥離しやすいという問題がある。上記従来技術では、ケモメカニカル材料は、接着剤もしくは挟み込みによって接合されており、その問題点については記述されていない。

【0006】この発明はこうした事情を考慮してなされたもので、ケモメカニカル材料の結合部における剥離を防ぐことができるケモメカニカルアクチュエータを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本願第 1 の発明は、外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータにおいて、前記ケモメカニカル材料がゴム弾性部材を介してケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータである。上記第 1 の発明は、ケモメカニカル材料の片端あるいは両端にゴム弾性部材を設け、このゴム弾性部材をケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合してケモメカニカルアクチュエータを構成する。

【0008】ケモメカニカル材料は、ケモメカニカル材料に膨潤・収縮を生じさせる刺激として溶媒組成変化を用いる場合には、例えばアクリルアミド、イソプロピルアクリルアミド、ジエチルアクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、スチレンスルホン酸などのスチレン誘導体ゲル、ゼラチン、アガロースなどの天然高分子ゲルなどから選択される。

【0009】刺激として温度変化を用いる場合には、例えばイソプロピルアクリルアミド、アクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、アミノ酸のアクリロイルあるいはメタクリロイル誘導体ゲル、メチルビニルエーテルゲル等から選択される。

【0010】刺激として pH 変化を用いる場合には、例えばカルボキシ基などの弱酸性基や 3 級アミンなどの弱塩基性基を有する高分子電解質ゲルから選択される。刺激として電気を用いる場合には、例えばポリアクリル酸、ポリビニルアルコールとポリアクリル酸の混合物、ポリ 2-アクリルアミド-2-メチレンプロパンスルホン酸、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリ

ジメチルアミノプロピルアクリルアミド、寒天、アルギン酸、コラーゲン、ゼラチンなどの、電荷を持った高分子電解質ゲルから選択される。刺激として光を用いる場合には、例えばトリフェニルメタンのロイコ体を含んだゲルから選択される。ゴム弾性部材は、その弾性率がケモメカニカル材料と伝達部材との間にあるものであって、ケモメカニカル材料の歪みを緩和する作用を持つものの中から選択される。例えば、ブチルゴムなどのゴム材料や高分子ゲル材料などが含まれる。

【0011】本願第2の発明は、外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータにおいて、前記ケモメカニカル材料が有機化合物の化学結合によりケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータである。

【0012】上記第2の発明は、ケモメカニカル材料と該ケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材との結合部を有機化合物の化学結合によって結合してケモメカニカルアクチュエータを構成する。ここで、有機化合物には、ケモメカニカル材料と化学結合可能な官能基と、前記伝達部材と化学結合可能な官能基をともに有する有機化合物のなかから選択する。前記有機化合物には、ビニル基と、チオール基、又はチニル基を有する化合物や、ビニル基を有するシラン化合物などが含まれる。

【0013】

【作用】第1の発明において、ケモメカニカル材料に熱変化、イオン濃度変化、電気、溶媒組成変化、光などの刺激を与えると、ケモメカニカル材料が膨潤あるいは収縮を起こす。ここで、ケモメカニカル材料の膨潤および収縮は等方的に生じるため、ケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材との接合部において剥離しやすいが、ゴム弾性部材を介して結合することにより結合部での歪みを緩和することが可能となる。第1の発明によれば、ケモメカニカル材料の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0014】第2の発明において、化学結合によってケモメカニカル材料と前記伝達部材とが強固に結合でき、第2の発明によれば、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0015】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

(実施例1) 図1(A)、(B)を参照する。ここで、図1(A)はケモメカニカルアクチュエータの斜視図、図1(B)は図1(A)のX-X線に沿う断面図である。図中の符号1は、ケモメカニカルアクチュエータである。このケモメカニカルアクチュエータ1は、樹脂製のアクチュエータ本体2と、このアクチュエータ本体2

の内部に収納されたケモメカニカル材料3と、樹脂製の可能治具4で構成される。前記アクチュエータ本体2には、溶液の注入口5aと排出口5bが設けられている。前記ケモメカニカル材料3はその両端にゴム弾性部材6を設け、このゴム弾性部材6がアクチュエータ本体2内部と可能治具4に固定されている。また、アクチュエータ本体2内部は、ケモメカニカル材料3を含む溶液で満たされている。

【0016】ケモメカニカル材料3は、1mMの水酸化ナトリウム水溶液で平衡状態にしたポリアクリル酸ゲルを用いた。ポリアクリル酸ゲルは、アクリル酸とメチレンビスアクリルアミドをモル比99:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。ゴム弾性部材6には1mMの水酸化ナトリウム水溶液で平衡状態にしたポリ-2-ヒドロキシエチルアクリレートゲルを用いた。ポリ-2-ヒドロキシエチルアクリレートゲルは、2-ヒドロキシエチルアクリレートとメチレンビスアクリルアミドをモル比9:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。

【0017】ケモメカニカル材料3とゴム弾性部材6との接合部は、ケモメカニカル材料3とゴム弾性部材6を真空乾燥させ、接合面に2-ヒドロキシエチルアクリレートとメチレンビスアクリルアミドをモル比95:5の割合で混合した水溶液をぬり、ケモメカニカル材料3とゴム弾性部材6を張り合わせて加熱し、ラジカル重合することによって接合した。ゴム弾性部材6とアクチュエータ本体2及び可能治具4との接合はシリコン系接着剤を用いて接合した。

【0018】本体内部は1mMの水酸化ナトリウム水溶液で満たした。次に、図2を用いてこの実施例1の作用を説明する。注入口5aから1mMの塩酸水溶液を注入すると、ケモメカニカル材料3はカルボキシル基の解離度が低下するため等方的に収縮する。この際、ケモメカニカル材料3の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材6によって緩和される。それに伴って、可能治具4がアクチュエータ本体2内部に引き込まれる。余剰の溶液は排出口5bから排出される。そして、注入口5aから1mMの水酸化ナトリウム水溶液を注入すると、ケモメカニカル材料3はカルボキシル基の解離度が増加するため等方的に膨潤し、それに伴って、可能治具4がアクチュエータ本体2の外部に押し出される。このようなpHの異なる溶液の交換により、可能治具4が左右に可動し外部に運動を与える。

【0019】上記実施例1によれば、ケモメカニカル材料3の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料3の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0020】一方、比較例として、図3に示すようにケモメカニカル材料31を直接アクチュエータ本体32と可能治具33に接合して構成したケモメカニカルアクチュエー

タ34の場合について考察してみる。この構成のケモメカニカルアクチュエータ34に上記実施例1と同様に1mMの塩酸水溶液を注入すると、図4に示すようにケモメカニカル材料31は収縮する。この際、ケモメカニカル材料31は等方的に収縮しようとするため、結合部に大きな歪み加わる。

【0021】なお、上記実施例1の各構成は、当然、各種の変形、変更が可能である。例えば、ケモメカニカル材料3は、ポリアクリル酸ゲルに限定するものではなく、例えばポリメタクリル酸ゲルなどの弱塩基性基や、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミドゲルなどの弱塩基性基を有する高分子電解質ゲルから選択される。また、注入する溶液は、塩酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液に限定されるものではなく、酸性の溶液とアルカリ性の溶液であればいずれの溶液を用いても良い。

【0022】また、ケモメカニカルアクチュエータ1はケモメカニカル材料3に与える刺激が溶液のpH変化に限定されるものではない。例えば、刺激として溶媒組成変化を用いる場合には、ケモメカニカル材料3に、アクリルアミド、イソプロピルアクリルアミド、ジエチルアクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、ステレンスルホン酸などのステレン誘導体ゲル、ゼラチン、アギロースなどの天然高分子ゲルなどを用い、純水とアセトンとを交互に注入することによって、ケモメカニカル材料の膨潤・収縮を生じさせることもできる。刺激として温度変化を用いる場合には、ケモメカニカル材料3に、例えばイソプロピルアクリルアミド、アクリルアミドなどのアクリル誘導体ゲル、アミノ酸のアクリロイルあるいはメタクリロイル誘導体ゲル、メチルビニルエーテルゲルなどを用い、冷水と温水を交互に注入することによって、ケモメカニカル材料の膨潤・収縮を生じさせることもできる。刺激としてイオン濃度変化を用いる場合には、ケモメカニカル材料3は水を溶媒とするゲルであればいずれのゲルであっても良く、低濃度の電解質溶液と高濃度の電解質溶液を交互に注入することによって、ケモメカニカル材料の膨潤・収縮を生じさせることもできる。

【0023】更に、ゴム弾性部材6はポリ-2-ヒドロキシエチルアクリレートゲルに限定するものではなく、ポリアクリル酸メチルゲルやポリ-2-ヒドロキシエチルメタクリレートゲルやポリアクリロイルモルフォリンゲルなどの非イオン性ゲルや、上記のケモメカニカル材料3に用いられるゲルを用いることもできる。また、ブチルゴムなどのゴム材料を用いることもできる。但し、上記のケモメカニカル材料に用いられるゲルを用いる場合には、膨潤度の低いゲルが望ましい。

【0024】上記実施例1には、次のような特徴点がある。即ち、ケモメカニカル材料3をゴム弾性部材6を介して可動治具（伝達部材）4と結合としたので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料

3の結合部からの剝離を防ぐという効果がある。

【0025】（実施例2）図5を参照する。但し、図1と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例2に係るケモメカニカルアクチュエータ51は、図1のケモメカニカルアクチュエータ1のアクチュエータ本体2をアクチュエータ本体52とし、このアクチュエータ本体52の外周部にヒータ53を設けたものである。アクチュエータ本体52の内部には、ケモメカニカル材料54が収納されている。このケモメカニカル材料54の両端にはゴム弾性部材55を設けられ、このゴム弾性部材55はアクチュエータ本体52内部と可動治具4に固定されている。また、前記アクチュエータ本体52内部は、ケモメカニカル材料54を含む溶液で満たされている。

【0026】ケモメカニカル材料54としては、純水で平衡状態にしたポリイソプロピルアクリルアミドゲルを用いた。ポリイソプロピルアクリルアミドゲルは、イソプロピルアクリルアミドとメチレンビスアクリルアミドをモル比99:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。ゴム弾性部材55には純水で平衡状態にしたケモメカニカル材料54よりも架橋度の高いポリイソプロピルアクリルアミドゲルを用いた。ケモメカニカル材料54よりも架橋度の高いポリイソプロピルアクリルアミドゲルは、イソプロピルアクリルアミドとメチレンビスアクリルアミドをモル比9:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。

【0027】ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55との接合部は、ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55を真空乾燥させ、接合面にイソプロピルアクリルアミドとメチレンビスアクリルアミドをモル比95:5の割合で混合した水溶液を塗り、ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55を張り合わせて加熱し、ラジカル重合することによって接合した。ゴム弾性部材55とアクチュエータ本体52及び可動治具4との結合はシリコン系接着剤を用いて結合した。アクチュエータ本体52の内部は純水で満たした。

【0028】次に、上記実施例2の作用を説明する。ヒータ53を用いアクチュエータ本体52の内部に含まれる純水を約40℃まで加熱すると、ポリイソプロピルアクリルアミドゲルが相転移を起こし、水を吐き出しながら収縮する。それに伴って、可動治具4がアクチュエータ本体52内部に引き込まれる。そして、ヒータ53の加熱をやめ純水の温度が30℃以下に下がると、ポリイソプロピルアクリルアミドゲルは水を吸収しながら膨潤し、それに伴って、可動治具4がアクチュエータ本体52の外側に押し出される。このようなヒータ53のON-OFFにより、可動治具4が左右に可動し外部に運動を与える。ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55は同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ヒータ53のON-OFFにより共に膨潤・収縮を示すが、ゴム弾性部材55はケモメカニカル材料54よりも架橋度が高いため、膨潤・

収縮の体積変化も小さい。このため、ケモメカニカル材料54の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材55によって緩和される。

【0029】従って、次のような効果がある。ケモメカニカル材料54の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料54の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ゴム弾性部材55がケモメカニカル材料からなるため、ゴム弾性部材55もケモメカニカル材料54と同様に膨潤・収縮するので、ケモメカニカルアクチュエータの発生力が向上する。また、ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55とが同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、伝達部材と組み合わせるよりも結合が強く、ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55との剥離も防ぐことができる。

【0030】なお、上記実施例2の各構成は、当然、各種の変形、変更が可能である。例えば、ケモメカニカル材料54は、ポリソプロピレンアクリルアミドゲルに限定するものではなく、例えばイソプロピレンアクリルアミドとアクリル酸との共重合体ゲル、アクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、アミノ酸のアクリロイルあるいはメタクリロイル誘導体ゲル、エチルビニルエーテルゲル、などを用いることもできる。

【0031】前記ゴム弾性部材54はポリイオプロピレンアクリルアミドゲルに限定するものではなく、ポリアクリル酸メチルゲルやポリ-2-ヒドロキシエチルメタクリレートゲルやポリアクリロイルメチルフォリンゲルなどの非イオン性ゲルや、上記のケモメカニカル材料3及びケモメカニカル材料54に用いられるゲルを用いることもできる。また、ブチルゴムなどのゴム材料を用いることもできる。但し、上記のケモメカニカル材料に用いられるゲルを用いる場合は、膨潤度の低いゲルが望ましい。

【0032】上記実施例2には次のような特徴点がある。

- (1) ケモメカニカル材料54をゴム弾性部材54を介して可動治具4と結合したので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。
- (2) ゴム弾性部材54がケモメカニカル材料からなるため、ケモメカニカル材料54と同様に膨潤・収縮するという作用と、ケモメカニカルアクチュエータの発生力を向上するという効果がある。
- (3) ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55とが同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55との結合を強くするという作用と、ケモメカニカル材料54とゴム弾性部材55との剥離を防ぐという効果がある。

【0033】(実施例3) 図6を参照する。但し、図1及び図5と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例3に係るケモメカニカルアクチュエータ61は、図5

のケモメカニカルアクチュエータ51のアクチュエータ本体52の外部にヒータ53の代わりに紫外線光源62を設けたものである。アクチュエータ本体52の内部には、ケモメカニカル材料63が収納されている。このケモメカニカル材料63の両端にはゴム弾性部材64を設けられ、このゴム弾性部材64はアクチュエータ本体52内部と可動治具4に固定されている。また、前記アクチュエータ本体52内部は、ケモメカニカル材料を含む溶液が満たされている。なお、アクチュエータ本体52は紫外線を透過する樹脂材料あるいは石英ガラスなどで構成される。

【0034】ケモメカニカル材料63としては、純水で平衡状態にしたトリフェニルメタンのロイコ体とアクリルアミドの共重合体ゲルを用いた。トリフェニルメタンのロイコ体とアクリルアミドの共重合体ゲルは、トリフェニルメタンのロイコ体とアクリルアミドとメチレンビスアクリルアミドをモル比94:5:1の割合で混合し、ラジカル重合して調製した。ゴム弾性部材64には純水で平衡状態にしたポリアクリルアミドゲルを用いた。ポリアクリルアミドゲルは、アクリルアミドゲルとメチレンビスアクリルアミドをモル比で9:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。

【0035】ケモメカニカル材料63とゴム弾性部材64との接合部は、ケモメカニカル材料63とゴム弾性部材64を真空乾燥後、接合面にアクリルアミドゲルとメチレンビスアクリルアミドをモル比95:5の割合で混合した水溶液を塗り、ケモメカニカル材料63とゴム弾性部材64を張り合わせて加熱し、ラジカル重合することによって接合した。ゴム弾性部材64とアクチュエータ本体52及び可動治具4との結合は、シリコン系接着剤を用いて結合した。アクチュエータ本体52の内部は、純水で満たした。

【0036】次に、この実施例3の作用を説明する。紫外線光源62を用いアクチュエータ本体52に紫外線を照射すると、トリフェニルメタンのロイコ体がイオン化するため、ケモメカニカル材料63が膨潤する。それに伴って、可動治具4がアクチュエータ本体52の外部に押し出される。そして、紫外線の照射をやめると、ケモメカニカル材料63は収縮し、それに伴って、可動治具4がアクチュエータ本体52の内部に引き込まれる。このような紫外線光源62のON-OFFにより、可動治具4が左右に可動し外部に運動を与える。この際、ケモメカニカル材料63の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材64によって緩和される。

【0037】従って、次のような効果がある。つまり、ケモメカニカル材料63の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料63の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0038】なお、この実施例3の各構成は、当然、各種の変形、変更が可能である。例えば、ケモメカニカル材料63は、トリフェニルメタンのロイコ体とアクリル

ミドの共重合体ゲルに限定するものではなく、例えばアゾベンゼンやスピロベンゾピランを架橋剤とするポリアクリル酸エチル、ポリアクリル酸ブチル、ポリアミド、ポリキノリン、などのフォトクロミック化合物を有するゲルを用いることもできる。前記ゴム弾性部材64はポリアクリルアミドゲルに限定するものではなく、ポリアクリル酸メチルゲルやポリ-2-ヒドロキシエチルメタクリレートゲルやポリアクリロイルモルフォリンゲルなどの非イオン性ゲルや、上記のケモメカニカル材料3、ケモメカニカル材料54及びケモメカニカル材料63に用いられるゲルを用いることもできる。また、ブチルゴムなどのゴム材料を用いることもできる。但し、上記のケモメカニカル材料に用いられるゲルを用いる場合は、膨潤度の低いゲルが望ましい。

【0039】上記実施例3によれば、次のような特徴点がある。つまり、ケモメカニカル材料63をゴム弾性部材64を介して可動治具4と結合したので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料63の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

【0040】(実施例4) 図7を参照する。但し、図1、図5、図6と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例3に係るケモメカニカルアクチュエータ71は、図1のケモメカニカルアクチュエータ1のアクチュエータ本体2をアクチュエータ本体72とし、該本体72の内部に白金電極73a、73bを設けたものである。前記アクチュエータ本体72は仕切り板74によって本体内部72aと本体内部72bの2室に分かれている。前記仕切り板74は、その一部にガラスフィルター75が設けられている。前記本体内部72aと本体内部72bには前記白金電極73a、73bが夫々設けられ、本体外部から通電可能になっている。アクチュエータ本体72の内部には、ケモメカニカル材料76が収納されている。このケモメカニカル材料76の両端にはゴム弾性部材77が設けられ、ゴム弾性部材77は本体内部72aと可動治具4に固定されている。また、本体内部はケモメカニカル材料76を含む溶液で満たされている。

【0041】ケモメカニカル材料76としては、1 mMの炭酸ナトリウム水溶液で平衡状態にしたポリジメチルアミノプロピルアクリルアミドゲルを用いた。このポリジメチルアミノプロピルアクリルアミドゲルは、ジメチルアミノプロピルアクリルアミドとメチレンビスアクリルアミドをモル比99:1の割合で混合し、ラジカル重合して調製した。ゴム弾性部材77には1 mMの炭酸ナトリウム水溶液で平衡状態にしたポリアクリロイルモルフォリンゲルを用いた。このポリアクリロイルモルフォリンゲルはアクリロイルモルフォリンとメチレンビスアクリルアミドをモル比9:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。

【0042】ケモメカニカル材料76とゴム弾性部材77との接合部は、ケモメカニカル材料76とゴム弾性部材77を

真空乾燥させ、接合面にジメチルアミノプロピルアクリルアミドとメチレンビスアクリルアミドをモル比95:5の割合で混合した溶液をぬり、ケモメカニカル材料76とゴム弾性部材77を張り合わせて加熱し、ラジカル重合することによって接合した。ゴム弾性部材77とアクチュエータ本体72及び可動治具4との結合は、シリコン系接着剤を用いて結合した。アクチュエータ本体72の内部は、1 mMの炭酸ナトリウム水溶液で満たした。

【0043】次に、上記実施例4の作用を説明する。白金電極73a、73bに直流電圧を印加すると、イオンの移動及び電極での酸化還元反応により陽極側の溶液が酸性に、負極の溶液がアルカリ性になる。白金電極73aを負極とした場合、本体内部72aの溶液がアルカリ性になる。ケモメカニカル材料76は、弱塩基性ゲルであるためアルカリ性の溶液中で収縮する特性を有する。従って、電圧印加によりケモメカニカル材料76が収縮し、それに伴って、可動治具4が本体内部に引き込まれる。反対に、白金電極73aを陽極とすると、本体内部72aの溶液が酸性となるためケモメカニカル材料76が膨潤し、それに伴って、可動治具4がアクチュエータ本体72の外部に押し出される。このような直流電圧の印加によって、可動治具が左右に可動し外部に運動を与える。この際、ケモメカニカル材料76の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材77によって緩和される。

【0044】従って、次のような効果がある。つまり、ケモメカニカル材料76の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料76の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0045】なお、この実施例4の各構成は、当然、各種の変形、変更が可能である。例えば、ケモメカニカル材料76は、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミドゲルに限定するものではなく、例えばポリメタクリル酸ゲル、ポリアクリル酸ゲル、などの弱酸性やポリジメチルアミノエチルアクリレートゲルやポリジメチルアクリルアミドゲルなどの弱塩基性基を有する高分子電解質ゲルから選択される。

【0046】前記ゴム弾性部材77はポリアクリロイルモルフォリンゲルに限定するものではなく、ポリアクリル酸メチルゲルやポリ-2-ヒドロキシエチルメタクリレートゲルなどの非イオン性ゲルや、上記のケモメカニカル材料3、ケモメカニカル材料54、ケモメカニカル材料63及びケモメカニカル材料76に用いられるゲルを用いることもできる。また、ブチルゴムなどのゴム材料を用いることもできる。但し、上記のケモメカニカル材料に用いられるゲルを用いる場合は、膨潤度の低いゲルが望ましい。

【0047】上記実施例4によれば、次のような特徴点がある。つまり、ケモメカニカル材料76をゴム弾性部材77を介して可動治具4と結合したので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料76の結合

部からの剥離を防ぐという効果がある。

【0048】(実施例5)図8を参照する。但し、図1、図5～図8と同部材は同符号を付して説明を省略する。この実施例5に係るケモメカニカルアクチュエータ81は、図5のケモメカニカルアクチュエータ51のアクチュエータ本体52の外周部に設けられたヒータ53を省き、本体内部のケモメカニカル材料82の両端に金電極83を設けたものである。前記ケモメカニカル材料82の両端にはゴム弾性部材84が設けられ、さらにその両端に前記金電極83が設けられ、金電極83がアクチュエータ本体52と可動治具4に固定されている。また、本体内部はケモメカニカル材料82を含む溶液で満たされている。

【0049】ケモメカニカル材料82としては、1mMの炭酸ナトリウム水溶液中に平衡状態としたポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルを用いた。このポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルは、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸とメチレンビスアクリルアミドをモル比99:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。ゴム弾性部材84には、1mMの炭酸ナトリウム水溶液中で平衡状態にしたケモメカニカル材料84よりも架橋度の高いポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルを用いた。ゴム弾性部材84は、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸とメチレンビスアクリルアミドをモル比99:1の割合で混合し、水を溶媒としてラジカル重合して調製した。

【0050】ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84との接合部は、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84を真空乾燥させ、接合面にポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸とメチレンビスアクリルアミドをモル比95:5の割合で混合した水溶液をぬり、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84を張り合わせて加熱し、ラジカル重合することによって接合した。ゴム弾性部材84と金電極83は導電性接着剤で接合した。

【0051】次に、上記実施例5の作用を説明する。金電極83に直流電圧を印加すると、ケモメカニカル材料82は負極側から水を放出しながら正極側から収縮する。それに伴って、可動治具4がアクチュエータ本体内部に引き込まれる。そして、電圧印加をやめると、ケモメカニカル材料82は放出した水を再び吸収しながら膨張し、可能箇の湾曲動作が解除される。それに伴って、可動治具4が本体外部に押し出される。このような直流電圧のON-OFFにより、可動治具4が左右に可動し外部に運動を与える。ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84は同一成分からなるケモメカニカル材料82よりも架橋度が高いため、膨潤・収縮の体積変化も小さい。このため、ケモメカニカル材料82の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材84によって緩和される。

【0052】従って、次のような効果がある。ケモメカニカル材料82の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和される

ため、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ゴム弾性部材84がケモメカニカル材料からなるため、ゴム弾性部材84もケモメカニカル材料82と同様に膨潤・収縮するので、ケモメカニカルアクチュエータの発生力が向上する。更に、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84が同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、可動治具4と組み合わせるよりも結合が強く、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84との剥離も防ぐことができる。

【0053】なお、上記実施例5の各構成は、当然、各種の変形、変更が可能である。例えば、ケモメカニカル材料82は、ポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルに限らず、例えばポリアクリル酸、ポリビニルアルコールとポリアクリル酸の混合物、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミド、寒天、アルギン酸、コラーゲン、ゼラチン等の電荷を持った高分子電解質ゲルから選択される。また、ケモメカニカル材料に含まれる溶液は、炭酸ナトリウム水溶液に限らず、塩化ナトリウム、炭酸ナトリウムなどの電解質溶液、または純水とすることもできる。

【0054】前記ゴム弾性部材84はポリ-2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルに限定するものではなく、ポリアクリル酸メチルゲルやポリ-2-ヒドロキシエチルメタクリレートゲルなどの非イオン性ゲルや、上記のケモメカニカル材料3、ケモメカニカル材料54、ケモメカニカル材料63及びケモメカニカル材料76に用いられるゲルを用いることもできる。但し、上記のケモメカニカル材料に用いられる場合は、膨潤度の低いゲルが望ましい。

【0055】前記ゴム弾性部材84は、ケモメカニカル材料の両端を更に架橋することによって作成することもできる。例えば、ケモメカニカル材料にポリビニルアルコールとポリアクリル酸の混合物からなる電解質ゲルを用いる場合、該電解質ゲルを調製した後、その両端をホルムアルデヒド水溶液に浸すことによって更に架橋する。この方法によってケモメカニカル材料の両端の架橋度が上がり、該ゴム弾性部材として作用する。

【0056】上記実施例5には次のような特徴点がある。

- (1) ケモメカニカル材料82をゴム弾性部材84を介して可動部材4と結合としたので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。
- (2) ゴム弾性部材84がケモメカニカル材料からなるため、ケモメカニカル材料82と同様に膨潤・収縮するという作用と、ケモメカニカルアクチュエータの発生力が向上するという効果がある。
- (3) ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84が同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ケモメカニ

カル材料とゴム弾性部材との結合を強くするという作用と、ケモメカニカル材料とゴム弾性部材との剥離を防ぐという効果がある。

【0057】(実施例6) 図9を参照する。但し、図1、図5、図8と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例6に係るケモメカニカルアクチュエータ91は、図8のケモメカニカルアクチュエータ81のゴム弾性部材84をゴム弾性部材92としたものである。ゴム弾性部材92としては、1 mMの炭酸ナトリウム水溶液中で平衡状態にしたカーボンファイバーを含有したポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルを用いた。ゴム弾性部材92は、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸とメチレンビスアクリルアミドをモル比9:1の割合で混合し、カーボンファイバーを40重量%加えて重合して調製した。

【0058】次に、上記実施例5の作用について説明する。ケモメカニカルアクチュエータ91は、ケモメカニカルアクチュエータ81と同様に、直流電圧のON-OFFにより、可動治具4が左右に可動し外部に運動を与える。また、ケモメカニカル材料82の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材92によって緩和される。更に、ゴム弾性部材92がカーボンファイバーを含有しているため導電性を有し電極としても作用し、ケモメカニカル材料82の両端の電極間距離が短縮され、電界強度を上げることができる。

【0059】従って、次のような効果がある。ケモメカニカル材料82の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ゴム弾性部材92がケモメカニカル材料からなるため、ゴム弾性部材92もケモメカニカル材料82と同様に膨脹・収縮するので、ケモメカニカルアクチュエータの発動力が向上する。

【0060】また、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材92が同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、可動部材4と組み合わせるよりも結合が強く、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材92との剥離を防ぐことができる。また、ゴム弾性部材92が電極として作用するため、電界強度を上げることが可能となり、ケモメカニカル材料82の応答速度が向上する。

【0061】なお、上記実施例6の各構成、当然、各種の変形、変更が向上できる。例えば、ゴム弾性部材92はカーボンファイバーを含有したポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルに限定するものではなく、ポリアルキルチオフェンやポリピロールなどの導電性高分子を有するゲルを用いることもできる。

【0062】上記実施例6には、次のような特徴点がある。

(1) ケモメカニカル材料82をゴム弾性部材92を介して可動部材4と結合としたので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離

を防ぐという効果がある。

(2) ゴム弾性部材92がケモメカニカル材料からなるため、ケモメカニカル材料82と同様に膨脹・収縮するという作用と、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

【0063】(3) ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材92が同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材92との結合を強くするという作用とケモメカニカル材料とゴム弾性部材との剥離を防ぐという効果がある。

(4) ゴム弾性部材92が導電性を有するため、ゴム弾性部材92が電極としても作用し電極間距離を短縮するという作用と、電界強度が強くなりケモメカニカル材料82の応答速度が向上する。

【0064】(実施例7) 図10、図11を参照する。但し、図1、図8と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例7に係るケモメカニカルアクチュエータ101は、図8のケモメカニカルアクチュエータ81のゴム弾性部材84を省き、ケモメカニカル材料82と金電極83を有機化合物の化学結合によって結合したものである。

【0065】図11は、ケモメカニカルアクチュエータ101のケモメカニカル材料82と金電極83との結合部を示した模式図である。ケモメカニカル材料82と金電極83との結合部はアリルメルカプタン102($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{SH}$)によって結合されている。

【0066】次に、この結合方法を説明する。アリルメルカプタンの1 mMのエタノール溶液に金電極83を12時間浸漬することにより、アリルメルカプタンの単分子膜を作成した。アリルメルカプタンは、アリルメルカプタンのチオール基が金に配位結合し、金表面に自発的に単分子膜を作成する。従って、アリルメルカプタンのビニル基が表面にならんだ単分子膜となる。次に、この金電極の表面上でポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ゲルを重合し、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸のビニル基とアリルメルカプタンのビニル基とをラジカル重合させ、ケモメカニカル材料82と金電極83とを接合した。

【0067】なお、チオール基を有する化合物が金表面に自発的に化学結合する現象については、「Science, 240, 62 (1988)」に報告されている。上記構成にすることによって、ケモメカニカル材料82と金電極83とを化学結合により接合することができる。化学結合に用いた有機化合物は、超薄膜の状態でケモメカニカル材料82と金電極83とを結合するため、導電性を保った状態での接合が可能となる。従って、次のような効果がある。つまり、電極とケモメカニカル材料とが化学結合によって接合されるため、ケモメカニカル材料の電極からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0068】なお、上記実施例7の各構成、当然、各種の変形、変更が向上できる。例えば、接合に用いる有機

化合物はアリルメルカプタンに限定されるものではなく、一方の側鎖にチオール基またはチエニル基を、他方の側鎖にビニル基などのケモメカニカル材料と化学結合する官能基を有する有機化合物から選択される。また、電極には、金以外にも白金、銀、銅などチオール基と配位結合可能な金属を用いることもできる。

【0069】上記実施例7には次のような特徴点がある。ケモメカニカル材料82と金電極83とを化学結合により結合したので、結合部での結合を強固にするという作用と、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

【0070】(実施例8) 図12を参照する。ここで、図12はこの発明のケモメカニカルアクチュエータのゴム弾性部材と金電極との結合部を示した模式図である。但し、図8、図11と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例8に係るケモメカニカルアクチュエータ121は、図8のケモメカニカルアクチュエータ81のゴム弾性部材84と金電極83を有機化合物の化学結合によって結合したものである。ゴム弾性部材84と金電極83との結合部は、実施例7と同様に、アリルメルカプタン102 ($\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{SH}$) によって結合されている。

【0071】次に、上記実施例8の作用を説明する。上記構成にすることによって、ゴム弾性部材84と金電極83とを化学結合により接合することができる。化学結合に用いた有機化合物は、超薄膜の状態ではゴム弾性部材84と金電極83とを結合するため、導電性を保った状態での接合が可能となる。また、ケモメカニカル材料82の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材84によって緩和される。従って、次のような効果がある。つまり、金電極83とゴム弾性部材84とが化学結合によって接合されるため、ケモメカニカル材料82の金電極83からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0072】また、実施例5と同様、ケモメカニカル材料82の膨張・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ゴム弾性部材84がケモメカニカル材料から成るため、ゴム弾性部材84もケモメカニカル材料82と同様に膨張・収縮するので、ケモメカニカルアクチュエータの発生力が向上する。更に、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84との剥離も防ぐことができる。

【0073】なお、上記実施例8の各構成、当然、各種の変形、変更が向上できる。例えば、接合に用いる有機化合物はアリルメルカプタンに限定されるものではなく、一方の側鎖にチオール基またはチエニル基を、他方の側鎖にビニル基などのゴム弾性部材と化学結合する官能基を有する有機化合物から選択される。また、電極には、金以外にも白金、銀、同等チオール基と配位結合可能な金属を用いることもできる。

【0074】上記実施例8には次のような特徴点があ

る。

(1) ケモメカニカル材料82と金電極83とを有機化合物による化学結合により結合したので、結合部での結合を強固にするという作用とケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

(2) ケモメカニカル材料82をゴム弾性部材84を介して可動部材4と結合としたので、結合部での歪みを緩和するという作用とケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

【0075】(3) ゴム弾性部材84がケモメカニカル材料から成るため、ケモメカニカル材料82と同様に膨張・収縮するという作用とケモメカニカルアクチュエータの発生力を向上するという効果がある。

【0076】(4) ケモメカニカル材料82をゴム弾性部材84とが同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ケモメカニカル材料をゴム弾性部材との結合を強くするという作用と、ケモメカニカル材料をゴム弾性部材との剥離を防ぐという効果がある。

【0077】(実施例9) 図13を参照する。ここで、図13はこの発明のケモメカニカルアクチュエータのゴム弾性部材とITO電極との結合部を示した模式図である。但し、図8、図11と同部材は同符号を付して説明を省略する。実施例9に係るケモメカニカルアクチュエータは、図12のケモメカニカルアクチュエータ121の金電極83をITO電極132とし、ゴム弾性部材84とITO電極132を有機化合物の化学結合によって結合したものである。ゴム弾性部材84とITO電極132との結合部は、ビニルトリクロロシラン133によって結合されている。

【0078】次に、この結合方法を説明する。まず、ビニルトリクロロシランの1.0Mのトルエン溶液にITO電極132を12時間浸漬することにより、ビニルトリクロロシランの単分子膜を作成した。ビニルトリクロロシランは、ビニルトリクロロシランのクロル基がITO電極132表面のOH基と加水分解反応し、図13のように共有結合で強固に結合し、ITO電極132に自発的に単分子膜を作成する。従って、ビニルトリクロロシランのビニル基が表面にのびた単分子膜となる。次に、このITO電極132の表面上でポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸のビニル基とビニルトリクロロシランのビニル基とをラジカル重合させ、ケモメカニカル材料82とITO電極132とを接合した。

【0079】次に、上記実施例9の作用を説明する。上記構成にすることによって、ゴム弾性部材84とITO電極132とを化学結合により接合することができる。化学結合に用いた有機化合物は、超薄膜の状態ではケモメカニカル材料82とITO電極132とを結合するため、導電性を保った状態での接合が可能となる。また、ケモメカニカル材料82の結合部に生じる歪みは、ゴム弾性部材84によって緩和される。従って、次のような効果がある。つまり、電極とゴム弾性部材とが化学結合によって接合さ

れるため、ケモメカニカル材料の電極からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0080】また、実施例5と同様、ケモメカニカル材料82の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐことが可能とある。また、ゴム弾性部材84がケモメカニカル材料からなるため、ゴム弾性部材84もケモメカニカル材料82と同様に膨脹・収縮するので、ケモメカニカルアクチュエータの発生力が向上する。更に、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84が同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、可動部材4と組み合わさるよりも結合が強く、ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84との剥離も防ぐことができる。

【0081】なお、上記実施例9の各構成、当然、各種の変形、変更が向上できる。例えば、接合に用いる有機化合物はビニルトリクロロシランに限定されるものではなく、一方の側鎖に加水分解可能な官能基を有するシランを有し、他方の側鎖にビニル基などのゴム弾性部材と化学結合する官能基を有する有機化合物から選択される。また、電極には、ITO電極以外にもガラス電極などのOH基を有する電極から選択される。

【0082】上記実施例9には次のような特徴点がある。

(1) ケモメカニカル材料82と金電極83とを有機化合物による化学結合により結合したので、結合部での結合を強固にするという作用と、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

また、実施例5と同様、

(2) ケモメカニカル材料82をゴム弾性部材84を介して可動部材4と結合としたので、結合部での歪みを緩和するという作用と、ケモメカニカル材料82の結合部からの剥離を防ぐという効果がある。

【0083】(3) ゴム弾性部材84がケモメカニカル材料からなるため、ケモメカニカル材料82と同様に膨脹・収縮するという作用と、ケモメカニカルアクチュエータの発生力を向上するという効果がある。

【0084】(4) ケモメカニカル材料82とゴム弾性部材84が同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ケモメカニカル材料をゴム弾性部材との結合を強くするという作用とケモメカニカル材料をゴム弾性部材との剥離を防ぐという効果がある。

【0085】以上、実施例に基づいて説明してきたが、本明細書中には以下の発明が含まれる。

1. (実施例1～6、8、9が該当)

外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータにおいて、前記ケモメカニカル材料がゴム弾性部材を介してケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータ。

【0086】〔構成〕ケモメカニカル材料の片端あるいは

は両端にゴム弾性部材を設け、このゴム弾性部材をケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合してケモメカニカルアクチュエータを構成する。

【0087】ケモメカニカル材料は、ケモメカニカル材料に膨脹・収縮を生じさせる刺激として溶媒組成変化を用いる場合には、例えばアクリルアミド、イソプロピルアクリルアミド、ジエチルアクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、スチレンスルホン酸などのスチレン誘導体ゲル、ゼラチン、アガロースなどの天然高分子ゲル、などから選択される。

【0088】刺激として温度変化を用いる場合には、例えばイソプロピルアクリルアミド、アクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、アミノ酸のアクリロイルあるいはメタクリロイル誘導体ゲル、メチルビニルエーテルゲル等から選択される。

【0089】刺激としてpH変化を用いる場合には、例えばカルボキシル基などの弱酸性基や3級アミンなどの弱塩基性基を有する高分子電解質ゲルから選択される。刺激として電気を用いる場合には、例えばポリアクリル酸、ポリビニルアルコールとポリアクリル酸の混合物、ポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミド、寒天、アルギン酸、コラーゲン、ゼラチンなどの、電荷を持った高分子電解質ゲルから選択される。刺激として光を用いる場合には、例えばリソフェルニルメタンのロコ体を含んだゲルから選択される。

【0090】〔作用〕ケモメカニカル材料に熱変化、イオン濃度変化、電気、溶媒組成変化、光などの刺激を与えると、ケモメカニカル材料が膨潤あるいは収縮を起こす。ここで、ケモメカニカル材料の膨潤および収縮は等方的に生じるため、ケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材との接合部において剥離しやすいが、ゴム弾性部材を介して結合することにより結合部での歪みを緩和することが可能となる。

〔効果〕ケモメカニカル材料の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0091】2. (実施例7が該当)

外部刺激によって体積変化を生じるケモメカニカル材料を用いたアクチュエータにおいて、前記ケモメカニカル材料が有機化合物の化学結合により該ケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とするケモメカニカルアクチュエータ。

【0092】〔構成〕ケモメカニカル材料と該ケモメカニカル材料による力または変位に伝達する伝達部材との結合部を有機化合物の化学結合によって結合してケモメカニカルアクチュエータを構成する。有機化合物には、

ケモメカニカル材料と化学結合可能な官能基と、前記伝達部材と化学結合可能な官能基をともに有する有機化合物のなかから選択する。

【0093】【作用】化学結合によって、ケモメカニカル材料と伝達部材とが強固に結合できる。

【効果】ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0094】3. (実施例8、9が該当)
ゴム弾性部材が有機化合物の化学結合によりケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材と結合されていることを特徴とする上記1項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0095】【構成】上記1項のゴム弾性部材とケモメカニカル材料による力または変位を外部に伝達する伝達部材との結合部を有機化合物の化学結合によって結合してケモメカニカルアクチュエータを構成する。有機化合物には、ゴム弾性部材と化学結合可能な官能基と、該伝達部材と化学結合可能な官能基をともに有する有機化合物のなかから選択する。

【0096】【作用】ケモメカニカル材料をゴム弾性部材を介して伝達部材と結合することにより、ケモメカニカル材料の等方的な体積変化によって生じる結合部での歪みを緩和することが可能となる。また、化学結合によってゴム弾性部材と伝達部材とが強固に結合できる。

【効果】上記1項及び2項と同様にケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0097】4. (実施例1が該当)
ケモメカニカル材料が、溶液交換によって膨潤または収縮するケモメカニカル材料であることを特徴とする上記1、2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0098】【構成】前記1項のケモメカニカルアクチュエータにケモメカニカル材料を含む溶液を交換する注入口と排出口を設けて構成する。ケモメカニカル材料は、ケモメカニカル材料に膨潤・収縮を生じさせる刺激として溶媒組成変化を用いる場合には、例えばアクリルアミド、インプロピルアクリルアミド、ジエチルアクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体、ステレンスルホン酸などのステレン誘導体、ゼラチン、アガロースなどの天然高分子ゲル、などから選択される。

【0099】また、刺激として溶液の温度変化を用いる場合には、例えばインプロピルアクリルアミド、アクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体、アミノ酸のアクリロイルあるいはメタクリロイル誘導体ゲル、メチルビニルエーテル、などから選択される。更に、刺激としてイオン濃度変化を用いる場合には、水を溶媒とするゲルであればいずれのゲルであってもよい。

【0100】ケモメカニカル材料が含まれる溶媒を交換すると、ケモメカニカル材料が膨潤あるいは収縮を起こす。ここで、ケモメカニカル材料の膨潤および収縮は等方的に生じるため、伝達部材との接合部において剥離し

やすいが、ゴム弾性部材を介して結合することにより結合部での歪みを緩和することが可能となる。

【0101】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の膨潤・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0102】5. (実施例2が該当)

ケモメカニカル材料が、温度変化によって膨脹または収縮する熱駆動型ケモメカニカル材料であることを特徴とする前記1、2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0103】【構成】前記1項のケモメカニカルアクチュエータにケモメカニカル材料を加熱するヒータを設けて構成する。ケモメカニカル材料は、例えばインプロピルアクリルアミド、アクリルアミドなどのアクリルアミド誘導体ゲル、アミノ酸のアクリロイルあるいはメタクリロイル誘導体ゲル、メチルビニルエーテルゲル、などから選択される。

【0104】【作用】ケモメカニカル材料を加熱すると、ケモメカニカル材料が収縮を起こす。ここで、ケモメカニカル材料の収縮は等方的に生じるため、伝達部材との接合部において剥離しやすいが、ゴム弾性部材を介して結合することにより結合部での歪みを緩和することが可能となる。

【0105】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0106】6. (実施例3が該当)

ケモメカニカル材料が、光照射によって膨脹または収縮する光駆動型ケモメカニカル材料であることを特徴とする前記1、2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0107】【構成】前記1項のケモメカニカルアクチュエータに光を照射する光源を設けて構成する。ケモメカニカル材料は、例えばトリフェニルメタンのロイコ体を含んだゲルから選択される。

【0108】【作用】ケモメカニカル材料に光を照射すると、ケモメカニカル材料が膨潤あるいは収縮を起こす。ここで、ケモメカニカル材料の膨潤および収縮は等方的に生じるため、伝達部材との接合部において剥離しやすいが、ゴム弾性部材を介して結合することにより結合部での歪みを緩和することが可能となる。

【0109】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の膨脹・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

7. (実施例4、5が該当)

ケモメカニカル材料が、電圧印加によって膨脹または収縮する電気駆動型ケモメカニカル材料であることを特徴

とする前記1、2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【01110】【構成】前記1項のケモメカニカルアクチュエータに電圧を印加する電極を設けて構成する。ケモメカニカル材料は、例えばポリアクリル酸、ポリビニルアルコールとポリアクリル酸の混合物、ポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミド、寒天、アルギン酸、コラーゲン、ゼラチンなどの、電荷を持った高分子電解質ゲルから選択される。

【01111】【作用】電圧印加によりpH変化やイオンの移動などが生じて、ケモメカニカル材料が膨潤あるいは収縮を起こす。ここで、ケモメカニカル材料の膨潤および収縮は等方的に生じるため、伝達部材との接合部において剥離しやすいが、ゴム弾性部材を介して結合することにより結合部での歪みを緩和することが可能となる。

【01112】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の膨潤・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【01113】8. (実施例1~6、8、9が該当)
ゴム弾性部材が高分子ゲルであることを特徴とする前記1、2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【構成】前記1項のゴム弾性部材にケモメカニカル材料を含む溶液と同じ溶液を含んだ高分子ゲルを用いて構成する。

【01114】【作用】ケモメカニカル材料の等方的な体積変化によって生じる歪みを高分子ゲルが緩和することが可能になる。また、ケモメカニカル材料は高分子ゲルで構成されるものであり、ゴム弾性部材も高分子ゲル材料からなるため、異種の部材と接合するよりも強く接合できる。

【01115】【効果】前記1項と同様に、ケモメカニカル材料の膨潤・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ゴム弾性部材が高分子ゲル材料からなるため、ケモメカニカル材料とゴム弾性部材との剥離も防ぐことができる。

【01116】9. (実施例5が該当)
ケモメカニカル材料が、電圧印加によって膨脹または収縮する電気駆動型ケモメカニカル材料であり、かつ、ゴム弾性部材が高分子ゲル材料であって、前記ケモメカニカル材料がこの高分子ゲル材料を介して、ケモメカニカル材料に電圧を印加する電極と接合されていることを特徴とする前記7項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【01117】【構成】ケモメカニカル材料の両端に高分子ゲル材料を設け、そしてその両端にケモメカニカル材

料に電圧を印加する電極を接合して構成する。ケモメカニカル材料は、例えばポリアクリル酸、ポリビニルアルコールとポリアクリル酸の混合物、ポリ2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、ポリメタクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリジメチルアミノプロピルアクリルアミド、寒天、アルギン酸、コラーゲン、ゼラチンなどの、電荷を持った高分子電解質ゲルから選択される。

【01118】【作用】両端の電極に直流電圧を印加すると、ケモメカニカル材料は負極側から水を放出しながら正極側から収縮する。そして、ケモメカニカル材料の両端の電極間の電圧印加をやめると、ケモメカニカル材料は放出した水を再び吸収しながら膨脹する。ここで、ケモメカニカル材料の膨潤および収縮は等方的に生じるため、伝達部材との接合部において剥離しやすいが、高分子ゲル材料を介して結合することにより、接合部での歪みを緩和することが可能となる。また、高分子ゲル材料はケモメカニカル材料と同様の溶液を含んでいるので、電圧印加によるケモメカニカル材料の膨潤・収縮を防がない。

【01119】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の膨潤・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【01201】10. (実施例2、5が該当)
高分子ゲル材料がケモメカニカル材料よりも膨潤度の低いケモメカニカル材料であることを特徴とする前記8、9項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【01211】【構成】前記1項のゴム弾性部材にケモメカニカル材料を含む溶液と同じ溶液を含み、かつ、前記ケモメカニカル材料よりも膨潤度の低いケモメカニカル材料を用いて構成する。

【01212】【作用】外部刺激を与えるとケモメカニカル材料は等方的な体積変化を示すが、膨潤度の低いケモメカニカル材料はその変化が小さい。このため、ケモメカニカル材料の両端に膨潤度の低いケモメカニカル材料を設け、膨潤度の低いケモメカニカル材料を伝達部材と結合してケモメカニカルアクチュエータを構成することにより、ケモメカニカル材料の等方的な体積変化によって生じる歪みを緩和することが可能になる。また、ゴム弾性部材が膨潤度の低いケモメカニカル材料からなるため、ゴム弾性部材とケモメカニカル材料との接合が異種の部材と組み合わせるよりも強くできる。

【01213】【効果】前記1項と同様に、ケモメカニカル材料の膨潤・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ゴム弾性部材がケモメカニカル材料からなるため、ケモメカニカル材料とゴム弾性部材との剥離も防ぐこともできる。

【01214】11. (実施例2、5が該当)

高分子ゲル材料がケモメカニカル材料と同一成分からなるケモメカニカル材料であり、かつ、前記ケモメカニカル材料よりも架橋度が高いケモメカニカル材料であることを特徴とする前記9、10項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0125】【構成】前記1項のゴム弾性部材にケモメカニカル材料を含む溶液と同じ溶液を含んだ、該ケモメカニカル材料と同一成分からなるケモメカニカル材料で、かつ、前記ケモメカニカル材料よりも架橋度が高いケモメカニカル材料を用いて構成する。

【0126】【作用】外部刺激を与えることとケモメカニカル材料は等方的な体積変化を示すが、ケモメカニカル材料の架橋度を高くするとケモメカニカル材料の膨潤度が低くなり、刺激による体積変化が小さくなる。このため、ケモメカニカル材料の両端に架橋度が高いケモメカニカル材料を設け、この架橋度が高いケモメカニカル材料を伝達部材と結合してケモメカニカルアクチュエータを構成することにより、ケモメカニカル材料は等方的な体積変化によって生じる歪みを緩和することが可能になる。また、ケモメカニカル材料とゴム弾性部材とが同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、異種の部材と組み合わせることよりも結合が強くてできる。

【0127】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の膨潤・収縮の変化が結合部で緩和されるため、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。また、ケモメカニカル材料とゴム弾性部材とが同一成分からなるケモメカニカル材料であるため、ケモメカニカル材料とゴム弾性部材との剥離も防ぐこともできる。

【0128】12. (実施例6が該当)
高分子ゲルが導電性を有する高分子ゲル材料であることを特徴とする前記9項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0129】【構成】前記9項の高分子ゲル材料に導電性を有する高分子ゲル材料を用いて構成する。

【0130】【作用】前記9項と同様にケモメカニカル材料の歪みを緩和することが可能になり、かつケモメカニカル材料の両端の電極間距離を短縮することができる。電極間距離の短縮により、電界強度を上げることが可能となるため、ケモメカニカル材料の応答速度が向上する。

【0131】【効果】前記1項と同様、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となり、かつ、ケモメカニカル材料の応答速度が向上する。

【0132】13. (実施例6が該当)
高分子ゲルが導電性を有するフィルムを含んだ高分子ゲルであることを特徴とする前記12項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0133】【構成】前記12項の高分子ゲル材料に導電性フィルムを含んだ高分子ゲルを用いて構成する。前記

導電性フィルムにはカーボンフィルムなどを用いる。

【0134】【作用】導電性フィルムを含んだ高分子ゲルは、単に溶液を含んだ高分子ゲルに比べて高い導電性を示す。このため、ケモメカニカル材料の両端に導電性フィルムを含んだ高分子ゲルを設け、この導電性フィルムを含んだ高分子ゲルを伝達部材と結合してケモメカニカルアクチュエータを構成することにより、前記9項と同様にケモメカニカル材料の歪みを緩和することが可能になり、かつ、ケモメカニカル材料の両端の電極間距離を短縮することができる。電極間距離の短縮により、電界強度を上げることが可能となるため、ケモメカニカル材料の応答速度が向上できる。

【0135】【効果】前記1項と同様にケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となり、かつ、ケモメカニカル材料の応答速度が向上する。

【0136】14. (実施例7、8が該当)
有機化合物がチオール基またはチエニル基を有する化合物であることを特徴とする前記2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0137】【構成】前記2、3項の有機化合物に、一方の側鎖にチオール基またはチエニル基を有し、他方の側鎖にケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基を有する有機化合物を用いてケモメカニカルアクチュエータを構成する。ケモメカニカルアクチュエータを接合する伝達部材は、チオール基またはチエニル基と化学結合可能な、金、白金、銀、銅などの中から選択される。

【0138】【作用】一方の側鎖にチオール基またはチエニル基を有し、他方の側鎖にケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基を有する有機化合物を用いて、金、白金、銀、銅からなる伝達部材の表面処理を行うと、チオール基またはチエニル基が伝達部材に配位結合して自発的に吸着し、ケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と反応する官能基を表面に出した状態で単分子膜を形成する。その後、ケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と反応させることによって、ケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基とケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材とが化学結合によって接合される。前記伝達部材を電極として用いる場合においても、化学結合に用いた有機化合物は、超薄膜の状態でケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と結合するため、導電性を保った状態での接合が可能となる。

【0139】【効果】前記2項と同様に、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0140】15. (実施例9が該当)
有機化合物がシラン化合物であることを特徴とする前記2、3項記載のケモメカニカルアクチュエータ。

【0141】【構成】前記2、3項の有機化合物に、一方の側鎖に加水分解可能な官能基を有するシランを有

し、他方の側面にケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基を有する有機化合物を用いてケモメカニカルアクチュエータを構成する。ケモメカニカルアクチュエータを接合する伝達部材は、シランと化学結合可能な、ガラスや、シリコンやアルミニウムの酸化膜、などのOH基を有する部材の中から選択される。

【0142】【作用】一方の側面にシランを有し、他方の側面にケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基を有する有機化合物を用いて、ガラスや、シリコンやアルミニウムの酸化膜、などのOH基を有する部材からなる伝達部材の表面処理を行うと、シラン化合物と伝達部材のOH基とが加水分解反応し、シラン化合物が伝達部材に共有結合で強固に結合して、伝達部材の表面にケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基を表面に出した状態で単分子膜を形成する。その後、ケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と反応させることによって、ケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と化学結合する官能基とケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材とが化学結合によって接合される。伝達部材を電極として用いる場合においても、化学結合に用いた有機化合物は、超薄膜の状態でケモメカニカル材料あるいはゴム弾性部材と結合するため、導電性を保った状態で接合が可能となる。

【0143】【効果】前記2項と同様に、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことが可能となる。

【0144】

【発明の効果】以上詳述した如くこの発明に係るケモメカニカルアクチュエータによれば、ケモメカニカル材料をゴム弾性部材を介して結合したため、ケモメカニカル材料の結合部での歪みを緩和するとともに、ケモメカニカル材料の結合部からの剥離を防ぐことができ、またゴム弾性部材がケモメカニカル材料からなるためケモメカニカル材料と同様、膨潤・収縮し、ケモメカニカルアクチュエータの発生力が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1に係るケモメカニカルアクチュエータの説明図であり、図1(A)は斜視図、図1

(B)は図1(A)のX-X線に沿う断面図。

【図2】この発明の実施例1に係るケモメカニカルアクチュエータの作用を説明するための断面図。

【図3】従来のケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図4】従来のケモメカニカルアクチュエータの作用を説明するための断面図。

【図5】この発明の実施例2に係るケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図6】この発明の実施例3に係るケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図7】この発明の実施例4に係るケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図8】この発明の実施例5に係るケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図9】この発明の実施例6に係るケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図10】この発明の実施例7に係るケモメカニカルアクチュエータの断面図。

【図11】図10のケモメカニカルアクチュエータのケモメカニカル材料と金電極との結合部を示した模式図。

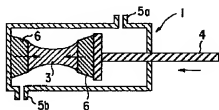
【図12】この発明の実施例7に係るケモメカニカルアクチュエータのケモメカニカル材料と金電極との結合部を示した模式図。

【図13】この発明の実施例8に係るケモメカニカルアクチュエータのケモメカニカル材料と金電極との結合部を示した模式図。

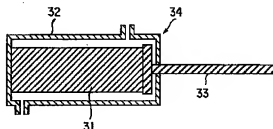
【符号の説明】

1, 51, 61, 71, 81, 91, 101 …ケモメカニカルアクチュエータ、2…ケモメカニカルアクチュエータ本体、3, 31, 54, 63, 76, 82…ケモメカニカル材料、4…可動治具、5 a…注入口、5 b…排出口、6, 55, 64, 77, 82…ゴム弾性部材、62…紫外線光源、72 a, 72 b…本体内部、73 a, 73 b…白金電極、74…仕切り板、75…ガラスフィルタ、83…金電極、102 …アリルメルカプタン。

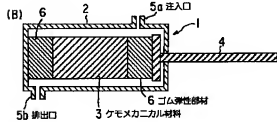
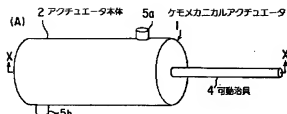
【図2】



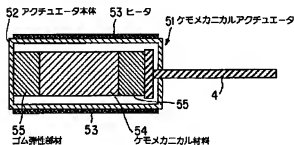
【図3】



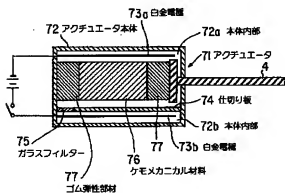
【図 1】



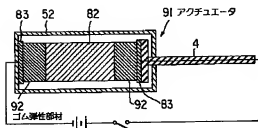
【図 5】



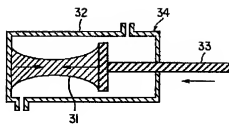
【図 7】



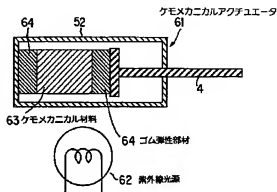
【図 9】



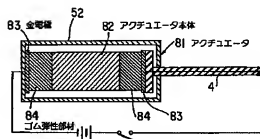
【図 4】



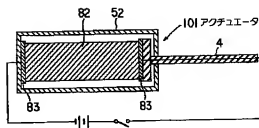
【図 6】



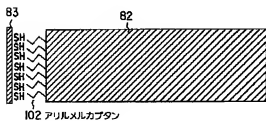
【図 8】



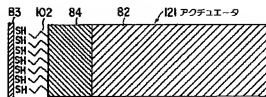
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

